

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-191698

(43)Date of publication of application : 22.07.1997

(51)Int.Cl.

H02P 21/00

H02P 5/00

H02P 6/18

// G05B 13/02

(21)Application number : 08-003690

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 12.01.1996

(72)Inventor : OGURO RYUICHI

INAZUMI SUKEATSU

UMEDA NOBUHIRO

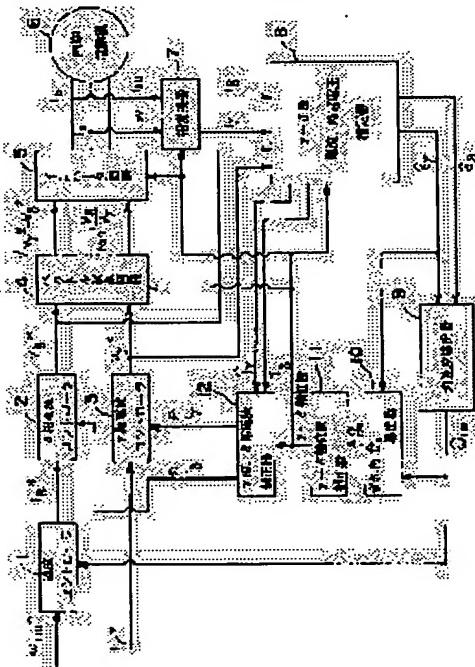
YAMAMOTO AKIHIRO

## (54) METHOD FOR PRESUMING SPEED OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR, METHOD FOR PRESUMING SLIP ANGLE OF ITS ROTOR AND METHOD FOR CORRECTING ROTOR POSITION

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely presume an induced voltage occurring on the  $\gamma$ - $\delta$  axis of a permanent magnetic synchronous motor.

SOLUTION: A  $\gamma$  axis current  $i_y(k)$  and a  $\delta$  axis current  $i_\delta(k)$  are calculated by detecting a stator current for two phases fed to a synchronous motor at the time of  $k \cdot TS$  (where  $k=0,1,\dots$ ,  $TS$  is a sampling time), and by converting it into a  $\gamma$ - $\delta$  coordinate system set up on a rotor. In a state presuming device 8, a corrected amounts are the difference between these currents and a  $\gamma$  axis current  $i_{yest}(k)$  and a  $\delta$  axis current  $i_{\delta est}(k)$  presumed previously, voltage command value  $V_y^*(k)$  and  $V_\delta^*(k)$  converted into the  $\gamma$ - $\delta$  coordinate system are used as inputs, and induced voltages  $\epsilon_y(k)$  of the  $\gamma$  axis and  $\epsilon_\delta(k)$  of the  $\delta$  axis generated every time the rotor rotates are used as the disturbance against a current response while the rotor is not in motion. Then, currents  $i_{yest}(k+1)$ ,  $i_{\delta est}(k+1)$  and induced voltages  $\epsilon_y(k+1)$  and  $\epsilon_\delta(k+1)$  are presumed in the  $\gamma$ - $\delta$  coordinate system at the time of  $(k+1) \cdot TS$  second.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-191698

(43) 公開日 平成9年(1997)7月22日

(51) Int.Cl.  
H 02 P 21/00  
5/00  
6/18  
// G 05 B 13/02

識別記号 庁内整理番号

F I  
H 02 P 5/408  
5/00  
G 05 B 13/02  
H 02 P 5/408  
6/02

技術表示箇所  
C  
X  
C  
A  
3 7 1 S

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平8-3690

(22) 出願日

平成8年(1996)1月12日

(71) 出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72) 発明者 小黒 龍一

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 稲積 拓教

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72) 発明者 梅田 信弘

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(74) 代理人 弁理士 小堀 益

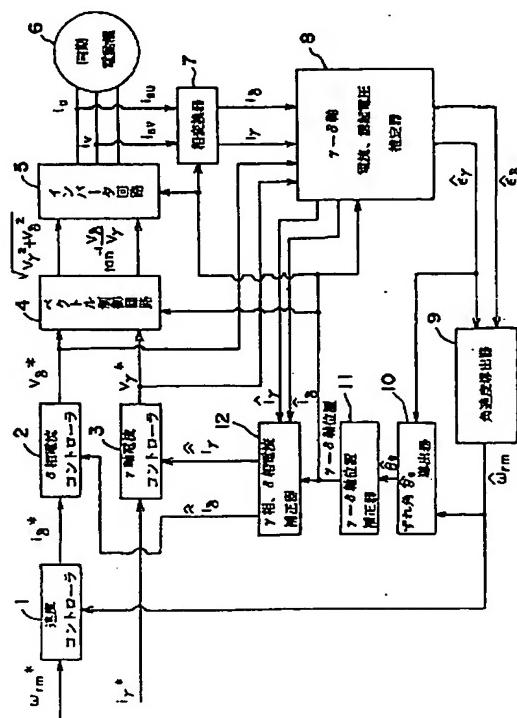
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石形同期電動機の速度推定方法及びその回転子ずれ角推定方法並びに回転子位置修正方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 永久磁石形同期電動機の $\gamma - \delta$ 軸に発生する誘起電圧を精度良く推定する。

【解決手段】 時間  $k \cdot T_S$  時 ( $k = 0, 1, \dots, T_S$  はサンプリングタイム) に同期電動機に供給される 2 相分のステータ電流を検出し、回転子上に設定した  $\gamma - \delta$  座標系に変換することにより、 $\gamma$  軸電流  $i_{\gamma}(k)$ 、 $\delta$  軸電流  $i_{\delta}(k)$  を導出し、これらと前回推定された  $\gamma$  軸電流  $i_{\gamma}^{est}(k)$ 、 $\delta$  軸電流  $i_{\delta}^{est}(k)$  との差を補正量、 $\gamma - \delta$  軸座標系に変換された電圧指令値  $V_{\gamma}^*$  ( $k$ ) と  $V_{\delta}^*$  ( $k$ ) を入力とし、回転子が回転することにより発生する  $\gamma$  軸の誘起電圧  $\varepsilon_{\gamma}(k)$  と  $\delta$  軸の誘起電圧  $\varepsilon_{\delta}(k)$  を、回転子が回転していない時の電流応答に対する外乱として状態推定器 8 を構成し、時間  $(k+1) \cdot T_S$  秒の  $\gamma - \delta$  軸座標系における電流  $i_{\gamma}^{est}(k+1)$ 、 $i_{\delta}^{est}(k+1)$  および誘起電圧  $\varepsilon_{\gamma}^{est}(k+1)$ 、 $\varepsilon_{\delta}^{est}(k+1)$  を推定する。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 永久磁石を回転子とし、回転子の磁極上に設定したd-q軸に、回転子上に想定したγ-δ軸が一致するように制御する永久磁石形同期電動機の制御方法において、時間k・T<sub>S</sub>時（但し、k=0, 1, 2, 3, …, T<sub>S</sub>はサンプリングタイム）に同期電動機に供給される少なくとも2相分のステータ電流を検出し、同ステータ電流をγ-δ座標系に変換することにより、γ軸電流i<sub>γ</sub>(k)及びδ軸電流i<sub>δ</sub>(k)を導出し、これらのγ軸電流i<sub>γ</sub>(k)及びδ軸電流i<sub>δ</sub>(k)と前回の制御ループで推定されたγ軸電流i<sub>γ</sub><sub>est</sub>(k)及びδ軸電流i<sub>δ</sub><sub>est</sub>(k)との差i<sub>γ</sub>(k)-i<sub>γ</sub><sub>est</sub>(k)及びi<sub>δ</sub>(k)-i<sub>δ</sub><sub>est</sub>(k)を補正量、γ-δ軸座標系に変換された電圧指令値V<sub>γ</sub>\*(k)とV<sub>δ</sub>\*(k)を入力とし、同期電動機の回転子が回転することにより発生するγ軸の誘起電圧ε<sub>γ</sub>(k)とδ軸の誘起電圧ε<sub>δ</sub>(k)を、回転子が回転していない時の電流応答に対する外乱として状態推定器を構成し、時間(k+1)・T<sub>S</sub>秒のγ-δ軸座標系における電流i<sub>γ</sub><sub>est</sub>(k+1)及びi<sub>δ</sub><sub>est</sub>(k+1)並びに誘起電圧ε<sub>γ</sub><sub>est</sub>(k+1)及びε<sub>δ</sub><sub>est</sub>(k+1)を推定し、この推定された誘起電圧ε<sub>δ</sub><sub>est</sub>(k+1)の符号より、回転子の速度の符号を判別し、前記誘起電圧ε<sub>γ</sub><sub>est</sub>(k+1)とε<sub>δ</sub><sub>est</sub>(k+1)の2乗和と前記判別された符号より、回転子の角速度ω<sub>rm</sub>(k+1)の推定値ω<sub>rmest</sub>(k+1)を推定することを特徴とする永久磁石形同期電動機の速度推定方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法により推定されたγ軸誘起電圧推定値ε<sub>γ</sub><sub>est</sub>(k+1)と回転子の角速度推定値ω<sub>rmest</sub>(k+1)より、回転子の永久磁石上に設定したd-q座標と前記γ-δ座標とのずれ角θ<sub>e</sub>(k+1)を推定することを特徴とする永久磁石形同期電動機の回転子ずれ角推定方法。

【請求項3】 請求項2記載の方法により推定されたずれ角θ<sub>eest</sub>(k+1)にゲインを乗じた値より、(k+1)番目の制御ループで使用するγ-δ軸の位置を修正することを特徴とする永久磁石形同期電動機の回転子位置修正方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石形同期電動機の速度推定方法及びその回転子ずれ角推定方法並びに回転子位置修正方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】永久磁石を回転子とするブラシレスDCモータを同期電動機として運転する場合、回転子の絶対位置を得て、正確な電流制御を行う必要がある。回転子の絶対位置を得るために、エンコーダやレゾルバなどの回転子位置検出器を用いることが一般的であるが、配線や構造の複雑さ、価格や使用環境などについて問題があ

2

あるため、回転子位置検出器を用いないで回転子の磁極位置を求める方法が提案されている。従来の永久磁石形同期電動機の磁極位置推定方法としては、[1] 電学論D、113巻、5号、平成5 p579~586、[2] 電学論D、114巻、5号、平成6 p591~592、[3] 電学論D、115巻、4号、平成7 p420~427が知られている。[1]は、固定子上に設定された軸α-β座標系に変換されたステータ電流i<sub>α</sub>、i<sub>β</sub>を観測値、ステータ電圧v<sub>α</sub>、v<sub>β</sub>を入力とし、α-β軸座標系の磁束λ<sub>α</sub>、λ<sub>β</sub>および回転子速度を適応則を用いて推定する方法である。[2]は、α-β座標系に変換されたステータ電流i<sub>α</sub>、i<sub>β</sub>を観測値、ステータ電圧v<sub>α</sub>、v<sub>β</sub>を入力とし、α-β軸座標系におけるα軸方向に発生する誘起電圧ε<sub>α</sub>、β軸方向に発生する誘起電圧ε<sub>β</sub>を外乱として推定する方法である。[3]は、回転子上に設定した、同期速度で回転するγ-δ座標系に変換されたステータ電流i<sub>γ</sub>、i<sub>δ</sub>と、モデルより算出された電流計算値i<sub>γ0</sub>、i<sub>δ0</sub>との差より、γ-δ軸とd-q軸とのずれ角θ<sub>e</sub>を推定する方法である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来の方法では、[1]については、極性のある永久磁石形同期電動機に採用した場合は、α-β座標上では、インダクタンスがモータ回転子角θ<sub>r</sub>の関数となり、状態方程式が複雑であり、オブザーバを構成する際、計算量が増大し、実用化が困難である。また磁束λ<sub>α</sub>、λ<sub>β</sub>を未知量としているため、状態方程式は、回転子速度0において不可観測となり、推定器自体が不安定となる。

[2]については、α-β軸に変換した誘起電圧は交流量となるため、オブザーバの極を大きく設定しなければ実際量と推定量との位相差が発生し、使い物にならなくなる。[3]は、[1]、[2]に比較し、簡便な手法であり、しかも、d-q軸とほぼ同期した角速度で回転するγ-δ軸を基準として考えているため、d-q軸とγ-δ軸のズレθ<sub>e</sub>が小さいときは、状態方程式も複雑化せず、実用化に関してすぐれた方法である。しかし、実際値と比較するものが、d-q軸にγ-δ軸が一致したときのモデルから単純に導かれた計算値であり、ズレθ<sub>e</sub>がモデル化誤差などにより、正しく推定できるとは限らない。そこで本発明が解決すべき課題は、γ-δ軸に発生する誘起電圧ε<sub>γ</sub>、ε<sub>δ</sub>を精度良く推定し、γ-δ軸とd-q軸とのズレθ<sub>e</sub>、回転子の角速度ω<sub>rm</sub>を導出することにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の永久磁石形同期電動機の速度推定方法は、永久磁石を回転子とし、回転子の磁極上に設定したd-q軸に、回転子上に想定したγ-δ軸が一致するよう制御する永久磁石形同期電動機の制御方法において、時

(3)

3

間  $k \cdot T_S$  時 (但し、 $k = 0, 1, 2, 3, \dots, T_S$  はサンプリングタイム) に同期電動機に供給される少なくとも 2 相分のステータ電流を検出し、同ステータ電流を  $\gamma - \delta$  座標系に変換することにより、 $\gamma$  軸電流  $i_\gamma$  ( $k$ ) 及び  $\delta$  軸電流  $i_\delta$  ( $k$ ) を導出し、これらの  $\gamma$  軸電流  $i_\gamma$  ( $k$ ) 及び  $\delta$  軸電流  $i_\delta$  ( $k$ ) と前回の制御ループで推定された  $\gamma$  軸電流  $i_\gamma$  est ( $k$ ) 及び  $\delta$  軸電流  $i_\delta$  est ( $k$ ) の差  $i_\gamma$  ( $k$ ) -  $i_\gamma$  est ( $k$ ) 及び  $i_\delta$  ( $k$ ) -  $i_\delta$  est ( $k$ ) を補正量、 $\gamma - \delta$  軸座標系に変換された電圧指令値  $V_\gamma^*$  ( $k$ ) と  $V_\delta^*$  ( $k$ ) を入力とし、同期電動機の回転子が回転することにより発生する  $\gamma$  軸の誘起電圧  $\epsilon_\gamma$  ( $k$ ) と  $\delta$  軸の誘起電圧  $\epsilon_\delta$  ( $k$ ) を、回転子が回転していない時の電流応答に対する外乱として状態推定器を構成し、時間  $(k+1) \cdot T_S$  秒の  $\gamma - \delta$  軸座標系における電流  $i_\gamma$  est ( $k+1$ ) 及び  $i_\delta$  est ( $k+1$ ) 並びに誘起電圧  $\epsilon_\gamma$  est ( $k+1$ ) 及び  $\epsilon_\delta$  est ( $k+1$ ) を推定し、この推定された誘起電圧  $\epsilon_\delta$  est ( $k+1$ ) の符号より、回転子の速度の符号を判別し、前記誘起電圧  $\epsilon_\gamma$  est ( $k+1$ ) と  $\epsilon_\delta$  est ( $k+1$ ) の 2 乗和と前記判別された符号より、回転子の角速度  $\omega_{rm}$  ( $k+1$ ) の推定値  $\omega_{rmest}$  ( $k+1$ ) を推定することを特徴とする。また、本発明の永久磁石形 \* 10

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i_\gamma \\ i_\delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{R_S}{L_d} & \frac{L_q}{L_d} \omega_{rm} \\ -\frac{L_d}{L_q} \omega_{rm} & -\frac{R_S}{L_q} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_\gamma \\ i_\delta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{L_d} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_\gamma \\ v_\delta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_\gamma \\ \epsilon_\delta \end{pmatrix} \quad \dots(1)$$

但し、 $\epsilon_\gamma = -\sin \theta_e (\omega_{rm}/L_q) \phi_{mag}$

$\epsilon_\delta = \cos \theta_e (\omega_{rm}/L_q) \phi_{mag}$

$R_S$  : ステータ側抵抗、 $L_q$  :  $q$  軸インダクタンス、

$L_d$  :  $d$  軸インダクタンス、

$\theta_e$  :  $\gamma - \delta$  軸と  $d - q$  軸とのずれ角、

\* 同期電動機の回転子ずれ角推定方法は、前記の方法により推定された  $\gamma$  軸誘起電圧推定値  $\epsilon_\gamma$  est ( $k+1$ ) と回転子の角速度推定値  $\omega_{rmest}$  ( $k+1$ ) より、回転子の永久磁石上に設定した  $d - q$  座標と前記  $\gamma - \delta$  座標とのずれ角  $\theta_e$  ( $k+1$ ) を推定することを特徴とする。また、本発明の永久磁石形同期電動機の回転子位置修正方法は、前記の方法により推定されたずれ角  $\theta_{eest}$  ( $k+1$ ) にゲインを乗じた値より、( $k+1$ ) 番目の制御ループで使用する  $\gamma - \delta$  軸の位置を修正することを特徴とする。

#### 【0005】

【発明の実施の形態】本発明においては、時間  $k \cdot T_S$  秒時 (但し、 $k = 0, 1, 2, 3, \dots, T_S$  はサンプリングタイム) に永久磁石形同期電動機に供給される少なくとも 2 相分のステータ電流を検出し、回転子上に設定した  $\gamma - \delta$  軸座標系に変換することにより、 $\gamma$  軸電流  $i_\gamma$  ( $k$ )、 $\delta$  軸電流  $i_\delta$  ( $k$ ) を導出し、前回導出した  $\gamma$  軸電流推定値  $i_\gamma$  est ( $k$ )、 $\delta$  軸電流推定値  $i_\delta$  est ( $k$ ) と、電圧  $V_\gamma$  ( $k$ )、 $V_\delta$  ( $k$ ) を用い、永久磁石形同期電動機の  $\gamma - \delta$  軸座標系における状態方程式

#### 【数1】

※  $\omega_{rm}$  : 回転子角速度、 $\phi_{mag}$  : 永久磁石が発生する磁束より、 $\epsilon_\gamma$  と  $\epsilon_\delta$  の時間変化が十分小さいとして構成した。

#### 【0006】状態推定器である

#### ※ 【数2】

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i_\gamma \\ i_\delta \\ \hat{\epsilon}_\gamma \\ \hat{\epsilon}_\delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{R_S}{L_d} & \frac{L_q}{L_d} \omega_{rm} & 1 & 0 \\ -\frac{L_d}{L_q} \omega_{rm} & -\frac{R_S}{L_q} & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_\gamma \\ i_\delta \\ \hat{\epsilon}_\gamma \\ \hat{\epsilon}_\delta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{1}{L_d} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_\gamma \\ v_\delta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_1 & k_2 \\ k_3 & k_4 \\ k_5 & k_6 \\ k_7 & k_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_\gamma - \hat{i}_\gamma \\ i_\delta - \hat{i}_\delta \end{pmatrix} \quad \dots(2)$$

但し、「 $\hat{\cdot}$ 」は推定値を表し、添字の「est」と同じ意味である。

を離散値系に展開した

#### 【数3】

(4)

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} i\gamma(k+1) \\ i\delta(k+1) \\ \epsilon\gamma(k+1) \\ \epsilon\delta(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{R_S}{L_d} T_S & \frac{L_q}{L_d} \omega_{rm}(k) \cdot T_S & T_S & 0 \\ -\frac{L_d}{L_q} \omega_{rm}(k) \cdot T_S & 1 - \frac{R_S}{L_q} T_S & 0 & T_S \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i\gamma(k) \\ i\delta(k) \\ \epsilon\gamma(k) \\ \epsilon\delta(k) \end{pmatrix}$$

$$+ T_S \begin{pmatrix} \frac{1}{L_d} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v\gamma(k) \\ v\delta(k) \end{pmatrix} + T_S \begin{pmatrix} k_1 & k_2 \\ k_3 & k_4 \\ k_5 & k_6 \\ k_7 & k_8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i\gamma - i\gamma \\ i\delta - i\delta \end{pmatrix} \dots (3)$$

によって、時間  $(k+1) \cdot T_S$  秒時の電流推定値  $i\gamma_{est}(k+1)$ 、 $\epsilon\delta_{est}(k+1)$  を求める。  
 $i\gamma_{est}(k+1)$ 、 $i\delta_{est}(k+1)$ 、誘起電圧推定値  $\epsilon\gamma_{est}(k+1)$ 、 $\epsilon\delta_{est}(k+1)$  [0007]

$$\begin{aligned} \text{また、 } \epsilon\gamma_{est}(k+1) &= -\sin\theta_{eest}(k+1) \cdot \{\omega_{rmest}(k+1) \\ &\quad / L_q\} \cdot \phi_{mag} \\ \epsilon\delta_{est}(k+1) &= -\cos\theta_{eest}(k+1) \cdot \{\omega_{rmest}(k+1) \\ &\quad / L_q\} \cdot \phi_{mag} \end{aligned} \dots (4)$$

であるから、 $\theta_e$ が小さいと考え、 $\omega_{rmest}(k+1)$  の※20※符号

$$\text{sign}(\omega_{rmest}(k+1)) = -\text{sign}(\epsilon\delta_{est}(k+1)) \dots (5)$$

とし、(4)式の2乗和と(5)式の結果より、次式で★ ★  $\omega_{rmest}(k+1)$  を求め、

$$\omega_{rmest}(k+1) = \text{sign}(\omega_{rmest}(k+1)) \cdot (\epsilon\gamma_{est}^2(k+1) + \epsilon\delta_{est}^2)^{1/2} \cdot (L_q / \phi_{mag}) \dots (6)$$

$\epsilon\gamma_{est}(k+1)$  と前記  $\omega_{rmest}(k+1)$  より、 $\sin\theta_{eest}(k+1)$  ☆で、ゲイン  $k_p$  で、 $(k+1) \cdot T_S$  秒時の  $\gamma$  軸の位置  $\rho_{est}(k+1)$  を求める。 $\theta_{eest} \approx 0$  の領域では、 $\rho_{est}(k+1)$  を

$\sin\theta_{eest}(k+1) \approx \theta_{eest}(k+1)$  であるの ☆

$$\rho_{est}(k+1) = \rho_{est}(k) + \omega_{rmest}(k+1) \cdot T_S - k_p \cdot \theta_{eest}(k+1) \dots (7)$$

で求めて補正を実施する。

#### [0008]

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。図1は、本発明の磁極位置、速度推定方法の一実施例が適用された同期電動機の制御システムを示すブロック図、図2は図1の制御システムのデジタル制御動作を示すフローチャートである。図1の制御システムブロック図について説明する。角速度指令  $\omega_{rm}^*$  と角速度推定値  $\omega_{rmest}$  が、速度コントローラ1に入力され、速度コントローラ1は、 $\delta$  相電流指令  $i\delta^*$  を出力する。 $\delta$  相電流コントローラ2は  $i\delta^*$  と  $\delta$  相電流推定値  $i\delta_{est2}$  を入力し、 $\delta$  相電流指令  $V\delta^*$  を出力する。一方、 $\gamma$  相電流指令  $i\gamma^*$  と  $\gamma$  相電流推定値  $i\gamma_{est2}$  が、 $\gamma$  相電流コントローラ3に入力され、 $\gamma$  相電流コントローラ3は  $\gamma$  相電圧指令  $V\gamma^*$  を出力する。電圧指令  $V\delta^*$  と  $V\gamma^*$  と  $\gamma - \delta$  軸位置補正器11から出力される  $\gamma - \delta$  軸位置がベクトル制御回路4に入力され、電圧値絶対値  $(V\delta^2 + V\gamma^2)^{1/2}$  と  $\gamma$  軸からの電圧出力方向の位相  $\tan^{-1}(V\delta/V\gamma)$  がインバータ回路5に入力され点弧が実施される。一方、 $\gamma - \delta$  軸電流・誘起電圧推定器8は、

同期電動機6のステータ電流  $i_u$  と  $i_v$  を相変換器7を介して得られる  $\gamma$  相電流  $i\gamma$ 、 $\delta$  相電流  $i\delta$  と、 $\gamma - \delta$  軸の位置と、電圧指令  $V\delta^*$ 、 $V\gamma^*$  を入力し、(3)式の演算を実施し、 $\gamma - \delta$  相電流推定値  $i\gamma_{est}$ 、 $i\delta_{est}$  と、 $\gamma - \delta$  相誘起電圧  $\epsilon\gamma_{est}$  と  $\epsilon\delta_{est}$  を出力する。 $\epsilon\gamma_{est}$  と  $\epsilon\delta_{est}$  が角速度導出器9に入力され、(5)、(6)式を実行することにより、角速度推定値  $\omega_{rmest}$  が導出される。この  $\omega_{rmest}$  と  $\epsilon\gamma_{est}$  が、いずれ角  $\theta_{eest}$  導出器10に入力され、 $\gamma - \delta$  軸と  $d - q$  軸とのずれ角  $\theta_{eest}$  が導出される。これが  $\gamma - \delta$  軸位置補正器11に入力され、(7)式で  $\gamma - \delta$  軸の位置補正が実行される。

【0009】次に、制御動作を。図2のフローチャートにより説明する。 $k \cdot T_S$  秒の時点で同期機に供給される少なくとも2相分の電流、例えば  $i_u(k)$ 、 $i_v(k)$  を検出し(ステップS1)、前回ループで補正された  $\gamma - \delta$  軸座標系に変換し、 $i\gamma(k)$ 、 $i\delta(k)$  を導出する(ステップS2)。 $\gamma - \delta$  座標系に変換された電圧指令  $V\gamma^*(k)$ 、 $V\delta^*(k)$  を入力し(ステップS3)、式(3)により、 $(k+1) \cdot T_S$

(5)

7

秒時の推定値  $i_{\gamma \text{est}}(k+1)$ 、 $i_{\delta \text{est}}(k+1)$ 、  
 $\epsilon_{\gamma \text{est}}(k+1)$ 、 $\epsilon_{\delta \text{est}}(k+1)$  を導出する（ステップ S 4）。推定された  $\epsilon_{\delta \text{est}}(k+1)$  の符号より、角速度の符号判断を行い（ステップ S 5）、この符号と、 $\epsilon_{\gamma \text{est}}(k+1)$  と  $\epsilon_{\delta \text{est}}(k+1)$  の 2乗和より  $\omega_{\text{rmest}}(k+1)$  を導出する（ステップ S 6）。  
 $\epsilon_{\gamma \text{est}}(k+1)$  と上記  $\omega_{\text{rmest}}(k+1)$  より  $\theta_{\text{eest}}(k+1)$  を求め、（7）式によって  $\gamma$  軸の位置を補正する（ステップ S 7）。次に（7）式により  $\gamma$  軸が  $k \rho$   $\theta_{\text{eest}}(k+1)$  だけ軸変換されたとして、（k+1）ループ時に初期値  $i_{\gamma \text{est}}(k+1)$ 、 $i_{\delta \text{est}}(k+1)$ 、 $\epsilon_{\gamma \text{est}}(k+1)$ 、 $\epsilon_{\delta \text{est}}(k+1)$  を修正する（ステップ S 8）。

## 【0010】

【発明の効果】以上述べたように、本発明は、回転子上に、推定速度  $\omega_{\text{rmest}}$  で回転するように設定した  $\gamma - \delta$  軸に発生する  $\theta_e$  を関数とする  $\gamma$  軸誘起電圧、 $\delta$  軸誘起

電圧を推定する状態推定器を構成しているため、状態推定器の極が安定に設定されれば、通常  $\gamma - \delta$  軸と  $d - q$  軸との誤差の変化が遅いため、推定値は、実測値に極を必要とすることなく収束することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の同期電動機の制御システムを表すブロック線図である。

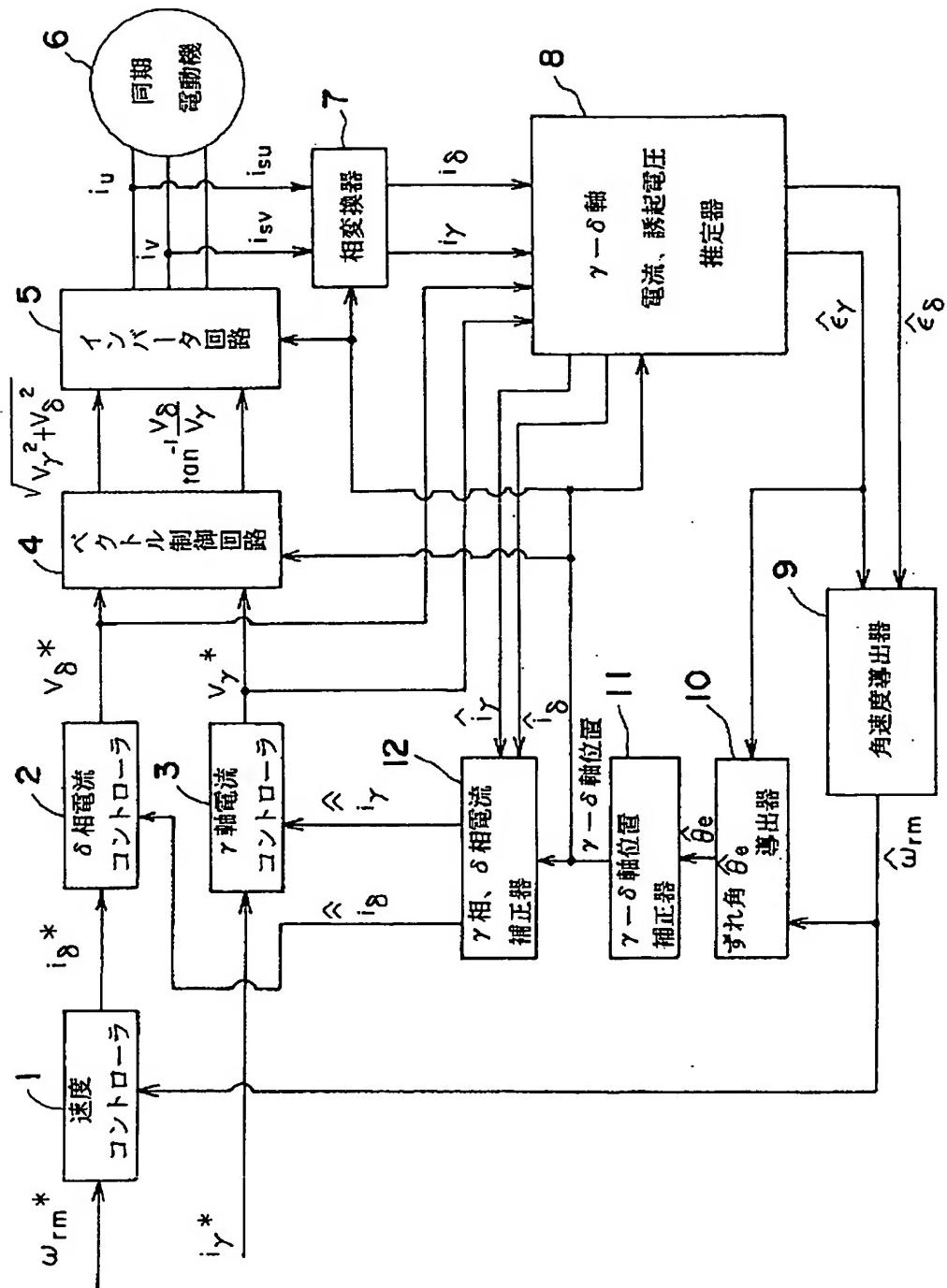
【図2】 離散値系における本発明のフローチャートである。

## 【符号の説明】

1 速度コントローラ、2  $\delta$  相電流コントローラ、3  
 $\gamma$  軸電流コントローラ、4 ベクトル制御回路、5  
インバータ回路、6 同期電動機、7 相変換器、8  
 $\gamma - \delta$  軸電流・誘起電圧推定器、9 角速度導出器、10  
ずれ角  $\theta_{\text{eest}}$  導出器、11  $\gamma - \delta$  軸位置補正器、12  
 $\gamma$  相・ $\delta$  相電流補正器

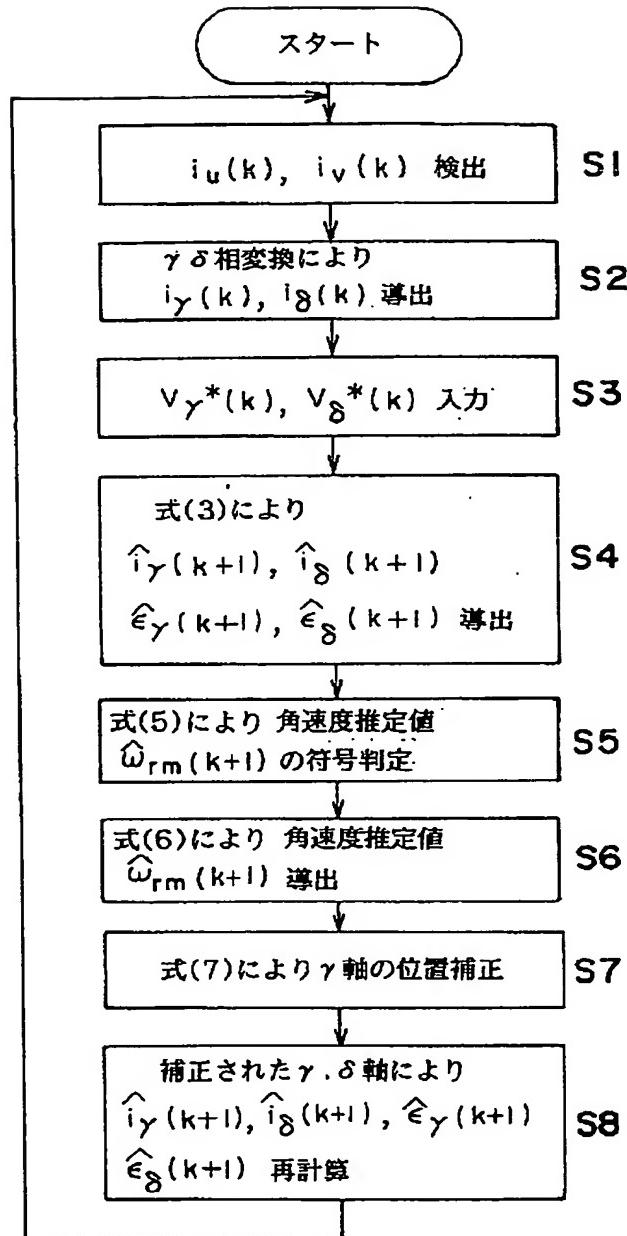
(6)

【図1】



(7)

【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 山本 晓洋  
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
 株式会社安川電機内